



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :
Masahiro UEKAWA :
Serial No. 10/786,024 : **Attn: APPLICATION BRANCH**
Filed February 26, 2004 : Attorney Docket No. 2004-0308A
SUBASSEMBLY AND OPTICAL MODULE

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

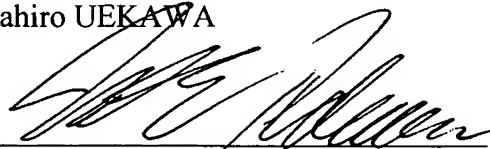
Applicant in the above-entitled application hereby claims the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2003-391958, filed November 21, 2003, as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Masahiro UEKAWA

By


Nils E. Pedersen
Registration No. 33,145
Attorney for Applicant

NEP/krg
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
March 23, 2004

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
ACCOUNT NO. 23-0975

F04203019/US

10/786,024

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 1 月 2 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 9 1 9 5 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 9 1 9 5 8]

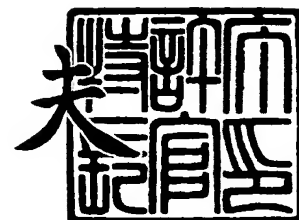
出 願 人 沖 電 気 工 業 株 式 会 社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 3 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 1 8 5 4 2

【書類名】 特許願
【整理番号】 KT000536
【提出日】 平成15年11月21日
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿
【国際特許分類】 G02B 6/42
G02B 6/32
【発明者】
【住所又は居所】 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
【氏名】 上川 真弘
【特許出願人】
【識別番号】 000000295
【氏名又は名称】 沖電気工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100095957
【弁理士】
【氏名又は名称】 亀谷 美明
【電話番号】 03-5919-3808
【選任した代理人】
【識別番号】 100096389
【弁理士】
【氏名又は名称】 金本 哲男
【電話番号】 03-3226-6631
【選任した代理人】
【識別番号】 100101557
【弁理士】
【氏名又は名称】 萩原 康司
【電話番号】 03-3226-6631
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 040224
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9707549
【包括委任状番号】 9707550
【包括委任状番号】 9707551

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

部材配置用の溝を有する支持基板と；

前記支持基板に実装された光学素子と；

光学基板の表面に形成されたレンズ部と，実装時に前記支持基板の前記溝に当接する張出部と，を有し，前記光学素子に対して位置決めされたレンズ素子と；

前記光学素子および前記レンズ素子が実装された前記支持基板を内含するパッケージ部品と；

前記レンズ素子を介して前記光学素子と光結合する光ファイバを含み，前記パッケージ部品に当接することにより位置決めされたインタフェースと；を備えることを特徴とする光モジュール。

【請求項 2】

前記レンズ部は回折光学素子からなることを特徴とする請求項 1 に記載の光モジュール。

【請求項 3】

前記光学基板はシリコン結晶基板であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光モジュール。

【請求項 4】

前記光学素子は，発光素子または受光素子のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

【請求項 5】

前記パッケージ部品は前記支持基板を気密に内含することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

【請求項 6】

前記パッケージ部品は同軸型パッケージの部品であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

【請求項 7】

部材配置用の溝を有する支持基板と；

前記支持基板に実装された光学素子と；

光学基板の表面に形成され，入射光束と異なる方向に光束を出射させるよう構成されたレンズ部と，実装時に前記支持基板の前記溝に当接する張出部と，を有し，前記光学素子に対して位置決めされたレンズ素子と；

前記光学素子および前記レンズ素子が実装された前記支持基板を内含するパッケージ部品と；

前記レンズ素子を介して前記光学素子と光結合し，端面が斜めに形成された光ファイバを含み，前記パッケージ部品に当接することにより位置決めされたインタフェースと；を備えることを特徴とする光モジュール。

【請求項 8】

前記レンズ部は回折光学素子からなることを特徴とする請求項 7 に記載の光モジュール。

【請求項 9】

前記光学基板はシリコン結晶基板であることを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光モジュール。

【請求項 10】

前記光学素子は，発光素子または受光素子のいずれかであることを特徴とする請求項 7 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

【請求項 11】

前記パッケージ部品は前記支持基板を気密に内含することを特徴とする請求項 7 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

【請求項 12】

前記パッケージ部品は同軸型パッケージの部品であることを特徴とする請求項 7 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の光モジュール。

【請求項 13】

第1構造の第1および第2の溝と、前記第1構造の第1の溝と第2の溝との間に位置する第2構造の溝とを有する支持基板と；

前記支持基板に実装され、第1の波長の光を出射する発光素子と；

光学基板の表面に形成されたレンズ部と、実装時に前記第1構造の第1の溝に当接する張出部と、を有し、前記光学素子に対して位置決めされ、前記光学素子から出射される発散光を略平行光に変換する第1のレンズ素子と；

光学基板の表面に形成されたレンズ部と、実装時に前記第1構造の第2の溝に当接する張出部と、を有し、前記略平行光を収束光に変換する第2のレンズ素子と；

前記第2構造の溝に配置され、異なる波長の光を分岐する機能を有する波長分波器と；

前記波長分波器により分岐された第2の波長の光が入射される受光素子と；を備えることを特徴とするサブアセンブリ。

【請求項 14】

前記レンズ部は回折光学素子からなることを特徴とする請求項13に記載のサブアセンブリ。

【請求項 15】

前記光学基板はシリコン結晶基板であることを特徴とする請求項13または14に記載のサブアセンブリ。

【請求項 16】

第1構造の第1および第2の溝と、前記第1構造の第1の溝と第2の溝との間に位置する第2構造の溝とを有する支持基板と；

前記支持基板に実装され、第1の波長の光を出射する発光素子と；

光学基板の表面に形成されたレンズ部と、実装時に前記第1構造の第1の溝に当接する張出部と、を有し、前記光学素子に対して位置決めされ、前記光学素子から出射される発散光を略平行光に変換する第1のレンズ素子と；

光学基板の表面に形成されたレンズ部と、実装時に前記第1構造の第2の溝に当接する張出部と、を有し、前記略平行光を収束光に変換する第2のレンズ素子と；

前記第2構造の溝に配置され、異なる波長の光を分岐する機能を有する波長分波器と；

前記波長分波器により分岐された第2の波長の光が入射される受光素子と；

前記発光素子、前記第1のレンズ素子、前記第2のレンズ素子、前記波長分波器が実装された前記支持基板と、前記受光素子とを内含するパッケージ部品と；

収束光に変換された前記第1の波長の光が入射されると共に前記第2の波長の光を前記第2のレンズ素子へ出射する光ファイバを含み、前記パッケージ部品に当接することにより位置決めされたインタフェースと；を備えることを特徴とする光モジュール。

【請求項 17】

前記レンズ部は回折光学素子からなることを特徴とする請求項16に記載の光モジュール。

【請求項 18】

前記光学基板はシリコン結晶基板であることを特徴とする請求項16または17に記載の光モジュール。

【請求項 19】

前記パッケージ部品は前記支持基板を気密に内含することを特徴とする請求項16～18のいずれか1項に記載の光モジュール。

【請求項 20】

前記パッケージ部品は同軸型パッケージの部品であることを特徴とする請求項16～19のいずれか1項に記載の光モジュール。

【書類名】明細書

【発明の名称】光モジュール

【技術分野】

【0001】

本発明は、光通信機器等に好適な、サブアセンブリおよび光モジュールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の光モジュールは一般に、サブアセンブリ用の基板にレーザダイオードを搭載し、光結合用のレンズ、および光ファイバと共にパッケージに実装されて構成されている。作製する際には通常、調芯器を用いて光出力をモニタしながら調芯を行い、部品を固定する。レンズはボールレンズや非球面レンズが主に用いられ、最近では高い結合効率と低価格化が可能なものが要求される。低価格化を図るため、例えば下記特許文献1に記載の半導体レーザモジュールでは、部品点数および調芯工程を減らしている。具体的には、ボールレンズ付きのホルダを用い、ホルダとレーザパッケージを固定した後、光ファイバを収容したフェルルをホルダに突き当てて光軸に垂直な方向に関して位置調整をする。

【0003】

【特許文献1】特開平8-23138号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記の従来技術には、ボールレンズをホルダの所定位置に高精度に配置する技術の開示はない。上記のような光モジュールでは、レーザダイオードに対してボールレンズを決められた位置に高精度に配置しないと結合効率は著しく低くなる。このようなことから、高精度な位置決めが可能な光モジュールが要望されていた。また、上記のような従来の光モジュールでは一般に、ボールレンズ等の外径サイズの大きなレンズをキャップ等の保持部材を用いて実装しているため、小型化が困難であるという問題があった。

【0005】

そこで、本発明は、このような問題に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、高精度な位置決めおよび小型化が可能な、新規かつ改良されたサブアセンブリおよび光モジュールを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、部材配置用の溝を有する支持基板と；支持基板に実装された光学素子と；光学基板の表面に形成されたレンズ部と、実装時に支持基板の溝に当接する張出部と、を有し、光学素子に対して位置決めされたレンズ素子と；光学素子およびレンズ素子が実装された支持基板を内含するパッケージ部品と；レンズ素子を介して光学素子と光結合する光ファイバを含み、パッケージ部品に当接することにより位置決めされたインタフェースと；を備えることを特徴とする光モジュールが提供される。

【0007】

かかる構成によれば、張出部を溝に配置することにより、レンズ素子を発光素子に対して高精度に容易に位置決めできる。また、従来のようなボールレンズではなく、光学基板の表面に形成されたレンズ部を有するレンズ素子を用いているため、小型化を図ることができる。

【0008】

本発明の別の観点によれば、部材配置用の溝を有する支持基板と；支持基板に実装された光学素子と；光学基板の表面に形成され、入射光束と異なる方向に光束を出射させるよう構成されたレンズ部と、実装時に支持基板の溝に当接する張出部と、を有し、光学素子に対して位置決めされたレンズ素子と；光学素子およびレンズ素子が実装された支持基板

を内含するパッケージ部品と；レンズ素子を介して光学素子と光結合し，端面が斜めに形成された光ファイバを含み，パッケージ部品に当接することにより位置決めされたインタフェースと；を備えることを特徴とする光モジュールが提供される。

【0009】

かかる構成によれば，張出部を溝に配置することにより，レンズ素子を発光素子に対して高精度に容易に位置決めできる。また，従来のようなボールレンズではなく，光学基板の表面に形成されたレンズ部を有するレンズ素子を用いているため，小型化を図ることができる。さらに，端面が斜めに形成された光ファイバを用いているため，光学素子が発光素子の場合，この発光素子から出射して光ファイバの端面で反射した光が再び発光素子に戻るのを防ぐことができる。さらにまた，上記構成のレンズ部を有するレンズ素子を用いれば，レンズ素子自体を偏心配置させることなく，光ファイバに対して所定の角度を持たせて光を入射させることができる。これにより，光ファイバの端面での挿入損失を低減させることができる。

【0010】

また，本発明の別の観点によれば，第1構造の第1および第2の溝と，第1構造の第1の溝と第2の溝との間に位置する第2構造の溝とを有する支持基板と；支持基板に実装され，第1の波長の光を出射する発光素子と；光学基板の表面に形成されたレンズ部と，実装時に第1構造の第1の溝に当接する張出部と，を有し，光学素子に対して位置決めされ，光学素子から出射される発散光を略平行光に変換する第1のレンズ素子と；光学基板の表面に形成されたレンズ部と，実装時に第1構造の第2の溝に当接する張出部と，を有し，略平行光を収束光に変換する第2のレンズ素子と；第2構造の溝に配置され，異なる波長の光を分岐する機能を有する波長分波器と；波長分波器により分岐された第2の波長の光が入射される受光素子と；を備えることを特徴とするサブアセンブリが提供される。

【0011】

かかる構成によれば，第1構造の2つの溝にそれぞれ2つのレンズ素子の張出部を載置することで，これら2つのレンズ素子を高精度に容易に位置決めできる。また，従来のようなボールレンズではなく，光学基板の表面に形成されたレンズ部を有するレンズ素子を用いているため，小型化を図ることができる。

【0012】

また，本発明の別の観点によれば，第1構造の第1および第2の溝と，第1構造の第1の溝と第2の溝との間に位置する第2構造の溝とを有する支持基板と；支持基板に実装され，第1の波長の光を出射する発光素子と；光学基板の表面に形成されたレンズ部と，実装時に第1構造の第1の溝に当接する張出部と，を有し，光学素子に対して位置決めされ，光学素子から出射される発散光を略平行光に変換する第1のレンズ素子と；光学基板の表面に形成されたレンズ部と，実装時に第1構造の第2の溝に当接する張出部と，を有し，略平行光を収束光に変換する第2のレンズ素子と；第2構造の溝に配置され，異なる波長の光を分岐する機能を有する波長分波器と；波長分波器により分岐された第2の波長の光が入射される受光素子と；発光素子，第1のレンズ素子，第2のレンズ素子，波長分波器が実装された支持基板と，受光素子とを内含するパッケージ部品と；収束光に変換された第1の波長の光が入射されると共に第2の波長の光を第2のレンズ素子へ出射する光ファイバを含み，パッケージ部品に当接することにより位置決めされたインタフェースと；を備えることを特徴とする光モジュールが提供される。

【0013】

第1構造の2つの溝にそれぞれ2つのレンズ素子の張出部を載置することで，これら2つのレンズ素子を高精度に容易に位置決めできる。また，従来のようなボールレンズではなく，光学基板の表面に形成されたレンズ部を有するレンズ素子を用いているため，小型化を図ることができる。さらに，発光素子から出射された第1の波長の光を光ファイバに入射させ，光ファイバから出射された第2の波長の光を波長分波器により分岐して受光素子へ導くことができ，一芯双方向の光モジュールを提供できる。

【0014】

上記記載の光モジュールにおいて、レンズ部は回折光学素子からなることが好ましく、光学基板はシリコン結晶基板であるように構成してもよい。光学素子は、発光素子または受光素子を用いることができる。パッケージ部品は前記支持基板を気密に内含することが好ましい。また、パッケージ部品は同軸型パッケージの部品であってもよい。

【発明の効果】

【0015】

以上のように本発明によれば、光学部品の高精度な位置決めが容易に可能であり、かつ小型化を図ることが可能な、サブアセンブリおよび光モジュールを提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

【0017】

本発明の典型的な態様にかかる光モジュールは主に、光学素子とレンズ素子を実装された支持基板を含むサブアセンブリと、このサブアセンブリを内含するパッケージ部品と、パッケージ部品に固定され接続端子となるインタフェースとを有する。支持基板には部材配置用の溝が形成されている。光学素子とは、例えば、発光素子や受光素子のことである。レンズ素子は、光学基板の表面に形成されたレンズ部と、実装時に支持基板の溝に当接する形状の張出部と、を有する。この張出部を溝に配置することにより、レンズ素子は光学素子に対して高精度に位置決めされる。インタフェースは、光ファイバを含み、この光ファイバはレンズ素子を介して光学素子と光結合する。また、インタフェースは、パッケージ部品に当接することにより位置決めされる。

【0018】

本発明の第1の実施の形態にかかる光モジュールの構成について、図1、図2を参照しながら説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態にかかるサブアセンブリ100の斜視図である。図2は、サブアセンブリ100を用いた本発明の第1の実施の形態にかかる光モジュール102の断面図である。サブアセンブリ100は、支持基板110と、レーザダイオード120と、レンズ素子130とを有する。

【0019】

支持基板110は、例えば、シリコン結晶基板からなる。支持基板110のサイズは、例えば1mm角～2mm角とすることができる。図1に示すように、支持基板110は、断面がV字形状のV溝112が形成されている。V溝112は、部材配置用の溝であり、支持基板110の一端から途中までに形成されている。V溝112は、直径125 μ mのシングルモード光ファイバを載置可能な寸法を有する。V溝112は例えば異方性エッチングにより形成可能である。また、支持基板110にはV溝112と直交する方向に断面が長方形形状の凹溝113が形成されている。凹溝113は、レーザダイオード120の出射光が遮光されるのを防止するものである。

【0020】

レーザダイオード120は発光素子であり、支持基板110上のV溝112の延長上のV溝112が形成されていない部分に配置されている。

【0021】

レンズ素子130は、光学基板からなり、ここではシリコン結晶基板からなる。レンズ素子130は、光学基板の表面に形成されたレンズ部132と、実装時にV溝112に当接する張出部136と、取扱時の保持を容易にするための取扱部134とを主に有する。

【0022】

レンズ部132は、光学基板の片面の表面に形成された回折光学素子からなる。レンズ部132は、ここでは円形状をしており、その直径は例えば50～125 μ mとすることができる。レンズ部132は半導体製造プロセスで用いられるフォトリソグラフィ技術

およびエッチング技術を利用して形成できる。以下、レンズ素子130において、レンズ部132が形成されている側の面をレンズ形成面と呼ぶ。ここでは、レンズ形成面に垂直な方向が光軸方向となるように構成されている。

【0023】

レンズ部132の下部側にはレンズ部132の外周の一部としての縁部133が位置し、レンズ部132の円周形状に沿った円弧形状を有する。この縁部133の円弧形状を呈する外形はレンズ形成面側からその対向面側まで延びており、レンズ部132の光軸を中心軸とする略円柱形状の一部である略蒲鉾形の形状となっている。取扱部134の中間位置から下方に張り出すこの略蒲鉾形の部分を張出部136と呼ぶ。張出部136のこの形状は、V溝112に張出部136が接した状態でレンズ素子130が支持基板110に実装されるよう、V溝112に適合する形状となっている。張出部136がV溝112に当接するようにレンズ素子130を載置するだけで、光軸に垂直な2方向(X、Y方向)の位置決めができるよう構成されている。なお、ここでは縁部133はレンズ部132を囲むように設けられているが、レンズ部132の外周が縁部133を構成するようになっていてもよい。

【0024】

取扱部134は、レンズ部132の周辺の上部側を取り巻くように延設され、レンズ部132表面に略平行な面内でレンズ部132より広い幅を有し、左右方向に伸長したバー形状を有する。取扱部134は、レンズ部132、縁部133、張出部136と一体的に形成されている。取扱部134の上面は平坦に形成されており、上方から保持手段によりレンズ素子130を保持することが容易である。保持手段としては例えば、吸引保持する負圧吸盤のような負圧保持手段が考えられる。

【0025】

レンズ素子130を適用する光学系の光源の波長が $1.3\mu\text{m}$ または $1.55\mu\text{m}$ である場合、レンズ素子130の材質としてはシリコン結晶基板が好適である。レンズ素子130は半導体製造技術で用いられるフォトリソグラフィとエッチング技術を用いて作製することができる。例えば、シリコン基板にフォトリソグラフィとエッチングを繰り返すことにより回折光学素子からなるレンズ部132を作製した後、レンズ素子130に対応する形状のパターンをフォトマスクパターンとして用いてDeep Etching手法を用いて任意の深さまで掘り下げることによりレンズ素子130を作製できる。このような方法により、レンズ素子130は高精度にかつ安価に量産可能である。

【0026】

サブアセンブリ100では、レーザダイオード120とレンズ素子130のレンズ部132とが同一光軸を共有するように位置決め配置されている。光軸に垂直な2方向の位置決めは、張出部136がV溝112に当接するようにレンズ素子130を載置することにより、容易に実現される。光軸方向(Z方向)の位置決めは、後述するように、画像認識技術を用いて行う。

【0027】

レンズ素子130の光軸方向の厚さは例えば $100\mu\text{m}$ とすることができ、レンズ素子130とレーザダイオード120の間の距離は例えば $80\mu\text{m}$ とすることができ、また、レンズ素子130の取扱部134の長軸方向の長さは例えば $250\sim 500\mu\text{m}$ とすることができ、このように、レンズ素子130は、回折光学素子からなるレンズ部を有する構成のため、従来の光モジュールで使用されていたレンズに比べ、小サイズ化されている。また、レーザダイオード120等の光結合する光学素子とレンズ素子との光軸方向の距離を大幅に短縮でき、これらの間を伝搬する光束の径も小さく維持できる。これらのことから、サブアセンブリ100は、レーザダイオード120と光結合用のレンズ素子130とを含み、かつ非常に小サイズに構成できる。

【0028】

次に、サブアセンブリ100を用いて構成される光モジュール102について図2を参照しながら説明する。光モジュール102は、サブアセンブリ100と、パッケージ15

0と、インタフェース170とを有する。図2に示すように、サブアセンブリ100はパッケージ150に内含され、インタフェース170はパッケージ150に当接して固定されている。

【0029】

パッケージ150は、外形が略円筒形のキャップ152と、台座部であるヘッダ154と、略円盤形状の基体156と、電極端子158とを部品として含む同軸型パッケージである。ヘッダ154はその一端が基体156の一面に固定され、他端にはサブアセンブリ100を突き当てるための段が形成されている。なお、この突き当て用の段は必ずしも必要なものではなく、段を設けない構成としてもよい。ヘッダ154上には、サブアセンブリ100が固定配置される。キャップ152は金属製であり、例えばステンレスを材質とする。キャップ152の一端は基体156に固着され、他端はインタフェース170が固着される。キャップ152の内部には隔壁153が形成され、隔壁153の一部には平板窓151が装着されている。隔壁153および平板窓151を境にして、キャップ152内部の基体156側の空間にはサブアセンブリ100が配置され、反対側の空間にはインタフェース170の先端が挿入される。基体156、キャップ152、隔壁153、平板窓151で囲まれた空間は、サブアセンブリ100が配置される空間であり、気密に保たれている。キャップ152の光軸方向の長さは、後述するように、インタフェース170の拡径部分とキャップ152の端が突き当てられたときに、光ファイバ171の端面にレンズ素子130による集光点が位置するよう予め設計されている。

【0030】

インタフェース170は、光ファイバ171と、フェルール172、スリーブ173とを有するレセプタクル型の接続端子である。光ファイバ171のレンズ素子130側の端面は、この端面での反射光がレーザダイオード120へ再入射するのを防止するため、および外部への反射を防止するために斜めに形成されている。外枠であるスリーブ173は、キャップ152の端と突き当たるように、その一部が拡径された形状を有する。スリーブ173内部には一端から途中までに、光ファイバ171およびその周囲のフェルール172が挿入固定されている。スリーブ173内部の途中から他端までは空洞部174となり、コネクタ（不図示）が挿入されるために空洞になっている。

【0031】

光モジュール102では、レーザダイオード120、レンズ部132、光ファイバ171は同一光軸を有するよう配置されている。光モジュール102において、レーザダイオード120を出射した発散光は、レンズ素子130により集光されて、平板窓151を経由した後、光ファイバ171に入射する。このように、レーザダイオード120はレンズ素子130を介して光ファイバ171と光学的に結合する。

【0032】

以下に、サブアセンブリ100および光モジュール102の作製方法の一例を説明する。まず、V溝112が形成されている支持基板110を準備し、支持基板110上部からマーカー（不図示）を用いて高精度に位置決めして、レーザダイオード120を支持基板110に配置し、ハンダ等で接合する。次に、レンズ素子130を張出部136がV溝112に当接するよう配置する。これによって光軸に垂直な方向（X、Y方向）の位置決めが行われる。レンズ素子130の光軸方向（Z方向）の位置に関しては、支持基板にあらかじめ設けられたマーカー（不図示）を用いて位置決めして配置する。適切な位置にレンズ素子130が配置されたことが確認されたら、レンズ素子130をV溝112に接合する。接合用の接着剤としては、熱硬化性樹脂、UV（紫外線）硬化型樹脂、ハンダ等を用いることができる。この際に、レーザダイオード120とレンズ素子130との実装精度は、ボンダの精度に依存し、 $\pm 3 \mu\text{m}$ での実装が容易に可能となる。光軸に垂直な方向のレンズ素子130の実装精度は、張出部136の加工精度およびV溝112の加工精度に依存し、 $\pm 1 \mu\text{m}$ での実装が可能となる。

【0033】

次に、サブアセンブリ100をヘッダ154上に搭載し、サブアセンブリ100をヘッ

ダ154の段に突き当てて光軸方向の位置決めをし、熱硬化性樹脂やハンダ等を用いて固定する。なお、突き当て用の段を設けない場合でも、サブアセンブリ100のヘッダ154への搭載精度は $\pm 10 \mu\text{m}$ ほどである。すでにレーザーダイオード120とレンズ素子130との調芯位置決めは終了しているため、サブアセンブリ100の搭載精度は、サブアセンブリ100と光ファイバ171との光結合効率に影響を与えるだけである。サブアセンブリ100の実装後、レーザーダイオード120の配線をワイヤボンディングして電氣的に接続する。そして、サブアセンブリ100をキャップ152が内含するようキャップ152装着し、キャップ152の一端を基体156に溶接して固定する。この状態でサブアセンブリ100は気密空間に保持される。

【0034】

次に、インタフェース170をキャップ152の他端に挿入して、インタフェース170の拡張部分とキャップ152の端を突き当てる。キャップ152の光軸方向の長さは、この突き当てにより、光ファイバ171の端面にレンズ素子130による集光点が位置するように予め設計されているため、この突き当てにより、光軸方向を位置決めできる。このように拡張部をキャップ152に突き当てた状態で、レーザーダイオード120を発光させて光ファイバ171から出射される光をモニタしながら、インタフェース170を光軸に垂直な方向に調芯する。調芯完了後、拡張部の当接部を溶接等で固定する。以上の動作により、光モジュール102が作製される。

【0035】

以上述べたように、光モジュール102では、レーザーダイオード120に対しレンズ素子130が、X、Y、Z方向の3方向に関し高精度に配置されている。特に、X、Y方向については、V溝112に張出部136を載置するだけで、容易に高精度な位置決めができる。X、Y方向の位置決め精度は光結合効率に大きく影響するため、上記構成の光モジュール102では光結合効率の向上を期待できる。また、Z方向についても、調芯が不要である。

【0036】

光モジュール102では、レンズ素子130と光ファイバ171との距離は、レンズ素子130とレーザーダイオード120との距離の数倍である。光学系の倍率を考えると、レーザーダイオード120に対しレンズ素子130のZ方向位置がわずかでも変動すると、それにより光ファイバ171側の集光位置は大きく変動する。例えば、レーザーダイオード120に対しレンズ素子130が高精度に配置されておらず、光モジュールごとに無視できない誤差がある場合、光ファイバ171側の集光位置のバラツキは大きくなり、光ファイバ171のZ方向調芯が困難になる。これに対し、本実施の形態の光モジュール102では、レーザーダイオード120に対しレンズ素子130が高精度に位置決めされているため、集光位置のバラツキを非常に小さく抑えることができる。

【0037】

また、レーザーダイオード120とレンズ素子130との調芯公差に比べ、レンズ素子130と光ファイバ171との調芯公差は緩い。例えば、レーザーダイオード120とレンズ素子130との距離を約 $80 \mu\text{m}$ 、レンズ素子130と光ファイバ171との距離を約 $500 \mu\text{m}$ とする。図3は、Z方向の調芯ずれに対する結合効率の測定結果を示すグラフである。図3の横軸はZ方向の位置を示し、縦軸は結合効率を示す。図3において、Lで示された曲線はレーザーダイオード120とレンズ素子130との調芯ずれに関し、Fで示された曲線は光ファイバ171とレンズ素子130との調芯ずれに関するものである。2つの曲線共に、調芯ずれが0のときをZ方向位置を0とし、このときの結合損失を0として正規化して表示している。図3からわかるように、レーザーダイオード120とレンズ素子130との調芯ずれに関しては、微小なずれ量で結合効率が著しく低下するのに対し、レンズ素子130と光ファイバ171との調芯ずれに関しては、大きなずれ量であっても結合効率はそれほど低下しない。つまり、レーザーダイオード120とレンズ素子130との実装には高精度が必要であるが、光ファイバ171の実装にはそれほど高精度は要求されない。

【0038】

これらの点を考慮して、光モジュール102では、光ファイバ171のZ方向の位置決めについては、インタフェース170の拡張部分とキャップ152の端との突き当てだけを行い、Z方向を非調芯にしている。また、X、Y方向に関しては、レーザダイオード120に対しレンズ素子130が非常に簡単な方法で高精度に配置されている。このように、位置決めが容易で、調芯工程が少ないため、光モジュール102の作製は容易になる。結果として、レーザダイオード120～光ファイバ171間で約50%の結合効率が得られる。

【0039】

上述したように、本実施の形態の光モジュール102は、高効率で、量産性が高く、低コストな光モジュールを提供することができる。また、本実施の形態の光モジュール102では、回折光学素子による小さなレンズ素子を用いているため、ボールレンズに比べ、レンズサイズを小さくでき、焦点距離を短くすることができる。これにより、光モジュールの小型化が可能である。

【0040】

次に、本発明の第2の実施の形態にかかる光モジュールについて、図4を参照しながら説明する。図4は本発明の第2の実施の形態にかかる光モジュール202の断面図である。光モジュール202が第1の実施の形態の光モジュール102と異なる点は、光学系を軸ずれ型で構成している点である。以下、この点に注目して説明し、光モジュール102と同様の構成については、重複説明を省略する。

【0041】

光モジュール202を構成するサブアセンブリ200にはレンズ素子230が用いられる。レンズ素子230のレンズ部は、入射光束と異なる方向に光束を出射させるような回折光学素子により構成されている。ここでは、このような構成を軸ずれ型と呼んでいる。本実施の形態のレンズ素子230と、第1の実施の形態のレンズ素子130とは、レンズ部の光学性能が異なるだけであり、その他の構成は同様である。また、レンズ素子230以外の部品については、第1の実施の形態のものと同一ものを用いている。

【0042】

図4に、レーザダイオード120の光軸Mを一点鎖線で示す。光軸Mは、パッケージ150の中心軸と一致している。光軸Mに沿ってレーザダイオード120から出射された発散光は、レンズ素子230のレンズ部により、収束光に変換され、かつ光軸Mに対して傾きをもつ方向を光束の中心軸とするよう偏向される。このように、レンズ素子230からの出射光の方向が第1の実施の形態のものと異なる。そのため、光ファイバ171の入射端面に入射する光は、光ファイバ171の入射端面の法線に対して第1の実施の形態の場合よりもさらに大きな角度をもつことができ、光ファイバ171への挿入損失を低減できる。例えば、光ファイバ171の入射端面が光軸Mに垂直な方向に対し9度の角度を有する場合、レンズ部から出射した光が光軸Mに対し下側に4度の角度を有するようにして光結合させる。このようなレンズ素子は、所望の角度で光を偏向させるようにレンズ部の回折光学素子を設計し、第1の実施の形態の場合と同様に形成することにより、容易に作製可能である。

【0043】

本実施の形態の光モジュール202を作製する場合も、第1の実施の形態と同様であり、サブアセンブリ200をヘッダに実装後、インタフェース170をキャップ152に突き当ててZ方向の調芯を行い、X、Y方向については光ファイバ171からの出射光をモニタしながら調芯する。この場合、光ファイバ171の中心はパッケージ150の中心からずれた位置となる。調芯完了後、突き当て部を溶接等で固定する。

【0044】

従来のボールレンズ等を用いて、光軸Mと異なる方向で光ファイバの端面へ光を入射させようとする、レンズを中心位置からずらす調芯作業が必要になり、煩雑である。本実施の形態のレンズ素子を用いれば、第1の実施の形態と全く同様にレンズ素子の外形を利

用して実装すればよく、レンズ素子を中心位置からずらすような調芯作業は不要である。本実施の形態によれば、第1の実施の形態の場合よりも高い結合効率を得ることができる。また、本実施の形態においても、第1の実施の形態と同様に、高精度な位置決めが可能で、低コストで小型化が可能な光モジュールを提供できる。

【0045】

次に、本発明の第3の実施の形態にかかる光モジュールについて、図5、図6を参照しながら説明する。図5は本発明の第3の実施の形態にかかるサブアセンブリ300の斜視図である。図6は、サブアセンブリ100を用いた本発明の第3の実施の形態にかかる光モジュール302の断面図である。本実施の形態の特徴は、一本の光ファイバに波長の異なる2種の光信号を双方向に伝搬させる、一芯双方向の光モジュールを構成している点である。以下、この点に注目して説明し、第1の実施の形態と同様の構成については、一部重複説明を省略する。

【0046】

サブアセンブリ300は、支持基板310と、レーザダイオード320と、2つのレンズ素子330a、330bと、波長分波器340と、フォトダイオード342とを有する。支持基板310は、例えば、シリコン結晶基板からなる。支持基板310の上面には、2つのV溝312a、312bと、凹溝314が形成されている。これらの溝は、凹溝314を中心にして、その両側に凹溝314と連通するように2つのV溝312a、312bが同一直線上に位置するように配置されている。V溝312aは凹溝314から支持基板310の途中まで形成され、V溝312bは凹溝314から基板110の一端まで形成されている。

【0047】

V溝312a、312bは、断面形状がV字状で、直径125 μ mのシングルモード光ファイバを載置可能な溝構造を有する。V溝312a、312bは、例えば異方性エッチングにより形成可能である。凹溝314は、波長分波器340を配置するための溝であり、底面に平坦部を持つ溝構造を有する。凹溝314の断面形状はここでは略長方形状としているがこれに限定するものではない。凹溝314は、ダイシングなどによって形成可能である。

【0048】

レーザダイオード320は送信用の波長 λ_1 の光を出射する発光素子である。レーザダイオード320は、支持基板310上のV溝312aの延長上のV溝312aが形成されていない部分に配置されている。

【0049】

レーザダイオード320に近い側のV溝312aにはレンズ素子330aが配置され、レーザダイオード320から遠い側のV溝312bにはレンズ素子330bが配置されている。レンズ素子330a、330bは共に石英基板またはシリコン基板等の光学基板からなり、光学基板の片面の表面に形成された回折光学素子からなるレンズ部332a、332bをそれぞれ備えている。レンズ部332aはレーザダイオード320からの出射光を略平行光に変換し、レンズ部332bはこの略平行光を集束光に変換するように構成されている。レンズ素子330a、330bの相違点はレンズ部332a、332bの光学性能だけであり、その他の形状的な構成等は同じである。レンズ素子330a、330bは、第1の実施の形態のレンズ素子130同様に、実装時にV溝312a、312bに接する形状を有する張出部と、取扱時の保持を容易にするための取扱部とを有する。なお、レンズ素子330a、330bとレンズ素子130では、取扱部の先端形状が若干異なるが実装には関係ない。

【0050】

凹溝314には、波長分波器340が配置されている。波長分波器340は波長選択性を有し、異なる波長の光を分岐する機能を有する。例えば、異なる波長 λ_1 、 λ_2 の2種類の光が波長分波器340に入射したとき、波長 λ_1 の光を透過させ、波長 λ_2 の光を反射する。波長分波器340には例えば多層膜ミラーを用いたものを採用できる。ここでは

波長分波器 340 として、誘電体多層膜を 2 つのガラスブロックで挟んだ構成を採用している。この誘電体多層膜は波長 $\lambda 1$ の光は透過し、波長 $\lambda 2$ の光を反射する機能を有する。波長分波器 340 は、誘電体多層膜の方向がレーザダイオード 320 の出射光の光軸に対して 45 度の角度で交わるように配置されている。

【0051】

波長分波器 340 の上面部分には、受光用のフォトダイオード 342 がハンダにより固定され配置されている。フォトダイオード 342 は面入射型受光素子からなり、ここではフォトダイオード 342 は、レンズやスペーサ等を介さずに、フォトダイオード 342 の受光部と波長分波器 340 とが対向するように波長分波器 340 に直接配置されている。

【0052】

サブアセンブリ 300 では、レーザダイオード 320 とレンズ素子 330 a、330 b のレンズ部 332 a、332 b とが同一光軸を共有するように位置決め配置されている。光軸に垂直な 2 方向の位置決めは、各レンズ素子の張出部が V 溝 312 a、312 b に当接するようにレンズ素子を載置することにより、容易に実現される。

【0053】

次に、サブアセンブリ 300 を用いて構成される光モジュール 302 について図 6 を参照しながら説明する。光モジュール 302 は、サブアセンブリ 300 と、パッケージ 350 と、インタフェース 170 とを有する。パッケージ 350 は、キャップ 352 と、サブアセンブリ 300 が配置される台座部であるヘッダ 354 と、略円盤形状の基体 156 と、電極端子 358 とを部品として含む同軸型パッケージである。電極端子 358 は、レーザダイオード 320 およびフォトダイオード 342 用の配線と接続可能である。キャップ 352 およびヘッダ 354 はそれぞれ第 1 の実施の形態のキャップ 152 およびヘッダ 154 に比べて光軸方向の長さが長くなっており、その他の構成はキャップ 152 およびヘッダ 154 と同じである。ヘッダ 354 は基体 156 の一面に固定されている。ヘッダ 354 上には、サブアセンブリ 300 が固定配置されている。キャップ 352 は略円筒形状の外形を有し、その内部に平板窓 151 が装着された隔壁 153 を有する。キャップ 352 の一端は基体 156 に固着され、他端はインタフェース 170 が固着される。キャップ 352 は金属製であり、例えばステンレスを材質とする。平板窓 151 は、レーザダイオード 320 の出射光および光ファイバ 171 からの出射光に対し透光性の部材からなる。平板窓 151、隔壁 153、キャップ 352 と基体 156 の接合部は気密性を保持可能なように構成されている。

【0054】

上記構成を有する光モジュール 302 の動作について説明する。レーザダイオード 320 から出射された波長 $\lambda 1$ の信号光は、レンズ素子 330 a によって平行光に変換され、波長分波器 340 を透過し、レンズ素子 330 b によって光ファイバ 171 へ向かって集光され、送信される。また、外部から光モジュール 302 の方向に向かって光ファイバ 171 を伝搬してきた波長 $\lambda 2$ の光信号は、光ファイバ 171 の端部からレンズ素子 330 b へ向けて発散光として出射される。この出射光は、レンズ素子 330 b によって平行光に変換され、波長分波器 340 に入射し、波長分波器 340 の誘電体多層膜によって支持基板 310 の上面に対して垂直方向に反射され、フォトダイオード 342 へ入射する。フォトダイオード 342 へ入射する光を平行光とすることにより、フォトダイオード 342 の位置合わせが容易になる。上述したように光モジュール 302 は双方向送受信モジュールとして機能する。

【0055】

以上より、本実施の形態によれば、第 1 の実施の形態の効果に加え、一本の光ファイバに波長の異なる 2 種の光信号を双方向に伝搬させる、一芯双方向の光モジュールをコンパクトに構成できるという効果が得られる。

【0056】

なお、本実施の形態では、レンズ素子 330 a とレンズ素子 330 b の間は平行ビーム

とした場合について説明したが、これに限定するものではない。レンズ素子 330a とレンズ素子 330b の間で、徐々に光ビーム径が広がる構成等、光ビーム径が変化する構成も採用可能である。例えば、レンズ素子を 1 つだけ用いる構成にして、非平行光が波長分波器 340 を透過するようにしてもよい。また、波長分波器 340 およびフォトダイオード 342 の代わりに、他の光機能素子、例えば、アイソレータ、偏向子、波長板、フィルタ等を配置することも考えられる。また、波長分波器 340 の構成によっては、フォトダイオード 342 は波長分波器 340 の上方だけでなく、側方に配置されることもある。

【0057】

以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は係る例に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0058】

上記の第 1、第 2 の実施の形態で、光ファイバとレーザダイオードの結合を例にとり説明しているが、レーザダイオードの代わりにフォトダイオード等の受光素子を用いることも可能である。第 1～第 3 の実施の形態では同軸型パッケージを用いた光モジュールについて説明したが、これに限定するものではなく、略直方体形状のフラット型のパッケージも適用可能である。なお、光モジュールでは、レーザダイオードの出力をモニタするためのフォトダイオードを備えることが好ましい。また、レンズ素子、レンズ部、取扱部、張出部等の形状は上記例に限定されず、様々な形状が考えられる。上記例では、レンズ部は光学基板の片面に形成されているが、両面にレンズ部を有するようにしてもよい。また、サブアセンブリに含まれるレンズ素子の数は必ずしも 1 つに限定されない。レンズ素子を構成する光学基板の材質には、上記例以外にも、GaAs, InP, GaP, SiC, Ge 等を用いてもよい。支持基板は、ここではシリコン結晶基板からなるが、例えばセラミックス基板を用いてもよい。支持基板に形成されるレンズ素子配置用の溝の断面形状は、上記例に限定されず、略 V 字形状、略台形状、略半円形状、略長方形形状、略正方形形状のいずれか 1 つであるよう構成してもよい。

【産業上の利用可能性】

【0059】

本発明は、光通信機器に用いられる光モジュール等に適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態にかかるサブアセンブリの斜視図である。

【図 2】 本発明の第 1 の実施の形態にかかる光モジュールの断面図である。

【図 3】 Z 方向位置と結合効率との関係を表す図である。

【図 4】 本発明の第 2 の実施の形態にかかる光モジュールの断面図である。

【図 5】 本発明の第 3 の実施の形態にかかるサブアセンブリの斜視図である。

【図 6】 本発明の第 3 の実施の形態にかかる光モジュールの断面図である。

【符号の説明】

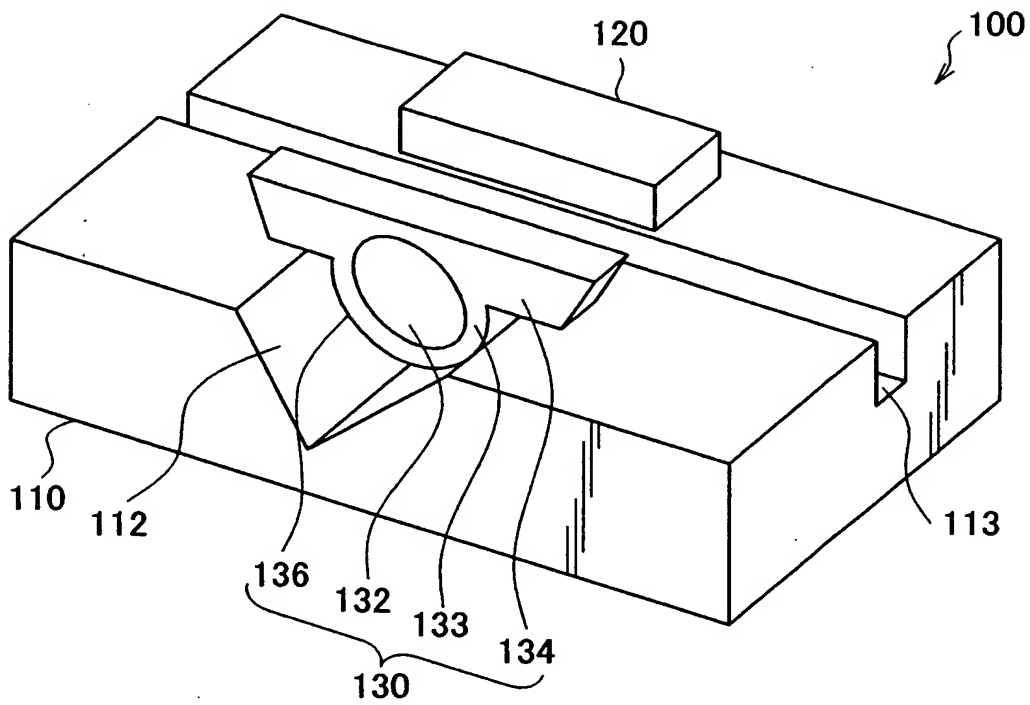
【0061】

100	サブアセンブリ
102	光モジュール
110	支持基板
112	V 溝
120	レーザダイオード
130	レンズ素子
132	レンズ部
133	縁部
134	取扱部
136	張出部

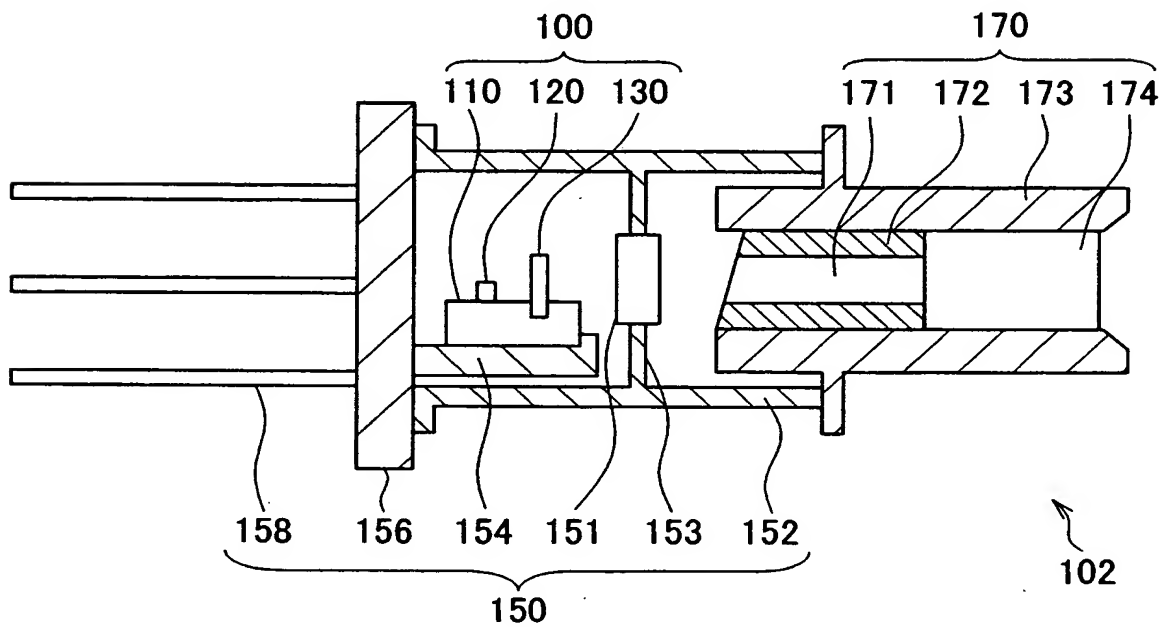
1 5 0	パッケージ
1 5 1	平板窓
1 5 2	キャップ
1 5 3	隔壁
1 5 4	ヘッダ
1 5 6	基体
1 5 8	電極端子
1 7 0	インタフェース
1 7 1	光ファイバ
1 7 2	フェルール
1 7 3	スリーブ
1 7 4	空洞部

【書類名】 図面

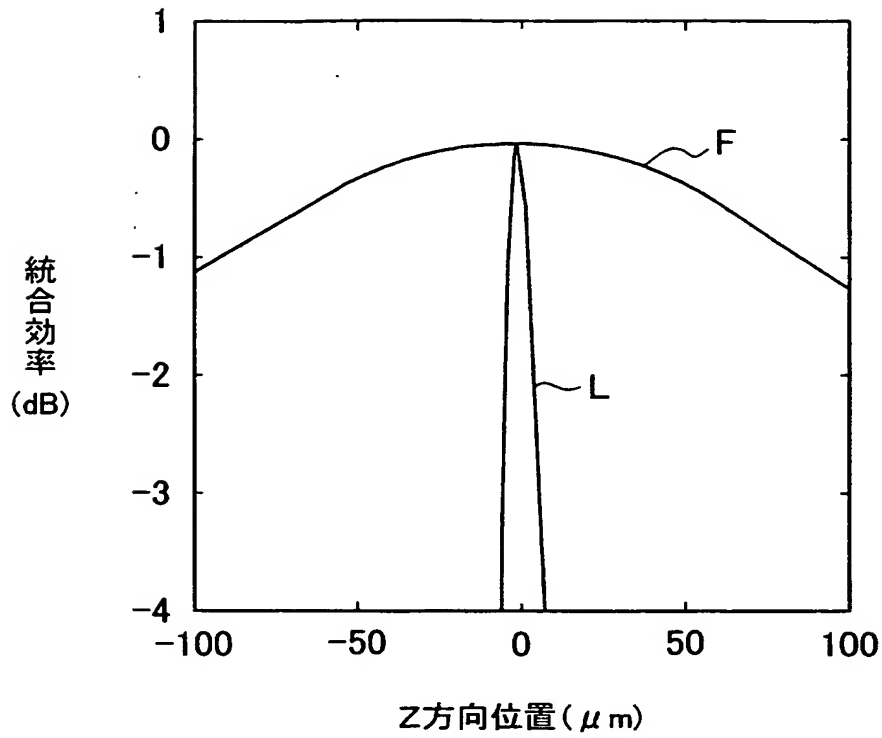
【図 1】



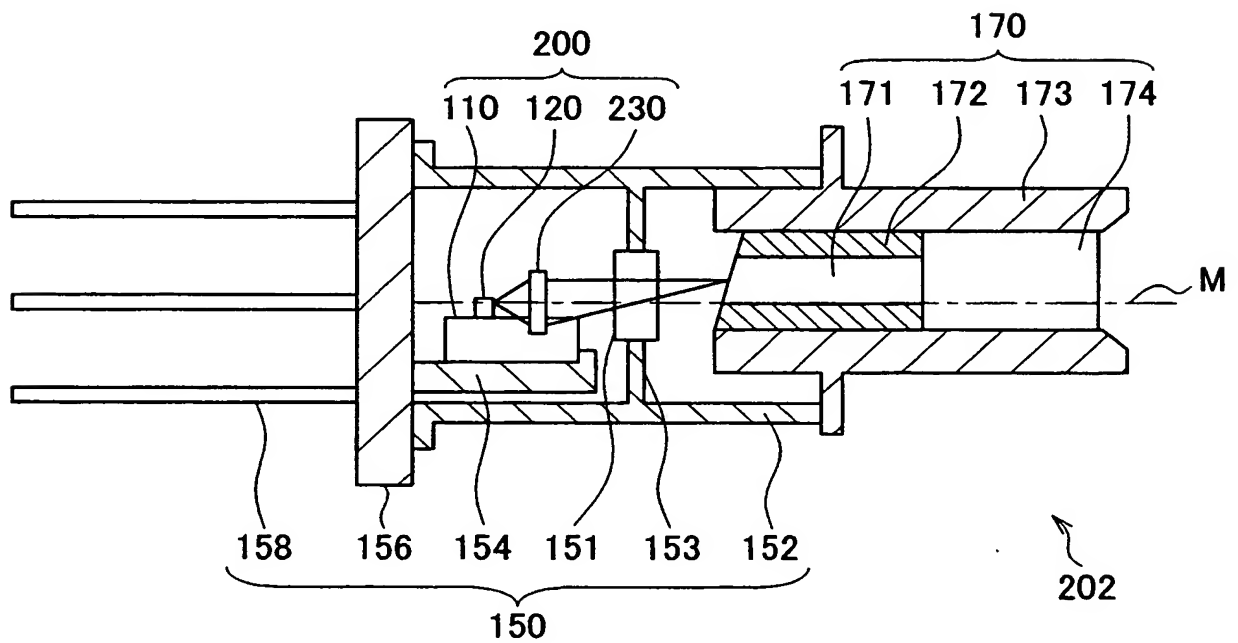
【図 2】



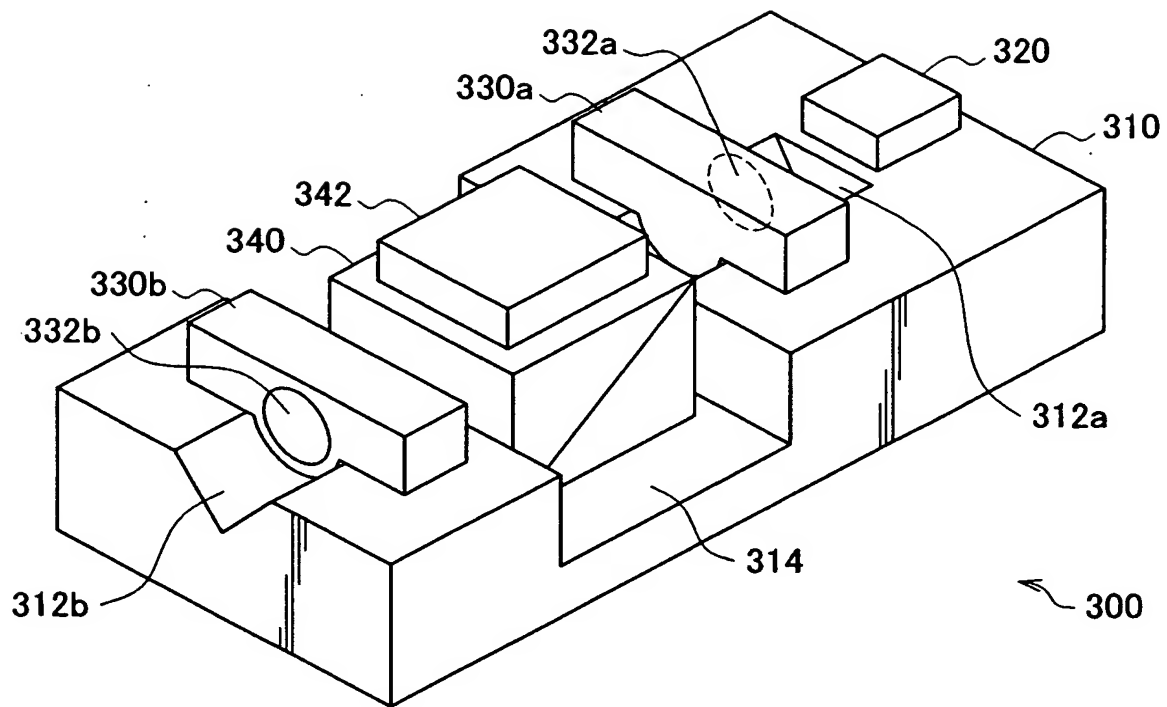
【図 3】



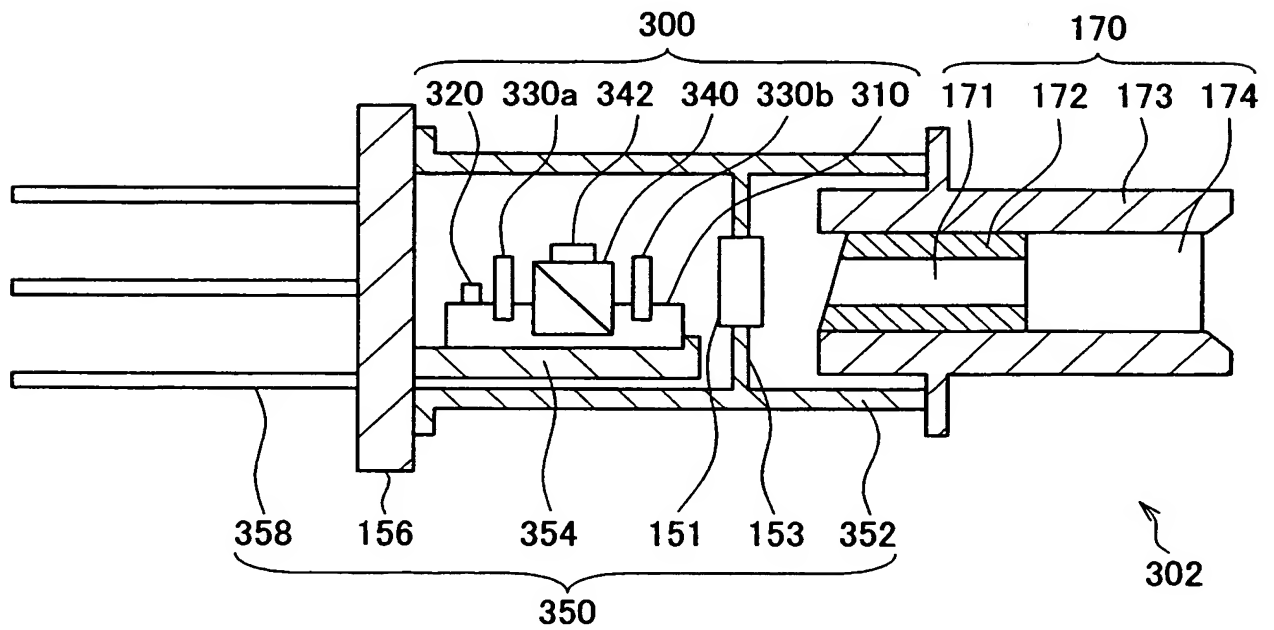
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度な位置決めおよび小型化が可能な光モジュールを提供すること。

【解決手段】 部材配置用のV溝112を有する支持基板110と；支持基板に実装されたレーザダイオード120と；光学基板の表面に形成されたレンズ部132と，実装時に支持基板110のV溝112に当接する形状の張出部136と，を有し，レーザダイオード120に対して位置決めされたレンズ素子130と；からサブアセンブリ100が構成される。このサブアセンブリ100を内含するパッケージ150と；レンズ素子130を介してレーザダイオード120と光結合する光ファイバ171を含み，パッケージ150に当接することにより位置決めされたインタフェース170と；を備える光モジュールを提供する。

【選択図】 図2

・特願 2 0 0 3 - 3 9 1 9 5 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 9 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区虎ノ門 1 丁目 7 番 1 2 号

氏 名

沖電気工業株式会社